

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh zdravotní pomůcky – francouzská hůl, s využitím workbench Human Builder
Design of Health Aid – Cane with Utilization Workbench Human Builder

Student:

Veronika Mužná

Vedoucí bakalářské práce:

Dr.Ing. Anna Plchová

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 dst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

plné jméno autora práce

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MUŽNÁ, V. *Návrh zdravotní pomůcky – francouzská hůl, s využitím workbench Human Builder: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 43 s. Vedoucí práce: Plchová, A.

Bakalářská práce se zabývá návrhem rehabilitační pomůcky – francouzské hole, s ohledem na ergonomii, design a konstrukční řešení. Práce je proto pomyslně rozdělena do těchto tří oddílů. Ergonomie určuje parametry podle požadavků lidského těla, které je pro návrh zásadní. Designem jsem se řídila při volbě tvarů a barev. Do konstrukčního řešení jsem zahrnula jednotlivá zatížení, mechanické prvky. Workbench Human Builder systému CATIA posloužil k vizualizaci 3D návrhu s normalizovaným člověkem. Ve výsledku vznikla vize univerzální francouzské hole, která je dokumentována vizualizacemi, technickým výkresem, posterem a fyzickým modelem.

ANOTATION DER BAKKALAUREATSARBEIT

MUŽNÁ, V. *Vorschlag der Unterarmkrücke, mit einem Benützen workbench Human Builder: Bakkalaureatsarbeit.* Ostrava: VŠB – Technische Universität Ostrava, Fakultät für Maschinenbau, Lehrstuhl für Produktionsmaschinen und Konstruktionstechnik, 2010, 43 Seiten. Leiterin: Plchová, A.

Die Bakkalaureatsarbeit beschäftigt sich mit dem Vorschlag eines Heilbehelfs – der Unterarmkrücke, mit Hinblick auf Ergonomie, Design und Konstruktionslösung. Darum wird die Arbeit imaginär in diese drei Teile eingeteilt. Ergonomie gibt Parametern nach Forderungen des menschlichen Körpers an, der für den Vorschlag notwendig ist. Bei Wahl von Formen und Farben konzentrierte ich mich auf Design. Zur Konstruktionslösung wurden einzelne Lasten und mechanische Elemente einbezogen. Workbench Human Builder des Systems CATIA diente zur 3D Visualisierung des Vorschlags mit einem normalisierten Menschen. Als Ergebnis entstand eine Vision der universalen Unterarmkrücke, die wird mit Hilfe von Visualisierungen, technischer Zeichnung, Poster und körperlichem Modell dokumentiert.

Poděkování:

Děkuji hlavně své vedoucí paní Anně Plchové za odbornou pomoc, objektivní připomínky a povzbuzování, dále pak paní Mileně Hrudičkové za inspiraci a panu Petru Neničkovi za darovaný čas a rady.

OBSAH

Seznam použitých značek a symbolů	8
1 ÚVOD	9
1.1 Zadané cíle	9
2 REŠERŠE	10
2.1 Rozdělení	10
2.1.1 Lokomoční pomůcky	11
2.1.2 Francouzské hole	13
2.2 Interview	16
2.2.1 Hodnocení interview	17
3 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	18
3.1 Ergonomie	18
3.2 Design	22
4 FINÁLNÍ PROVEDENÍ	25
4.1 Skice	25
4.2 Tvorba fyzického modelu	26
4.3 Detailní popis jednotlivých prvků	28
4.4 Human builder	30
5 VÝPOČTY	32
5.1 Polohový kroužek	32
5.2 Kontrola na vzpěr	35
6 ZÁVĚR	38
7 POUŽITÁ LITERATURA	42
8 Seznam příloh	43

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

g	tíhové zrychlení	$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
k_1	bezpečnost první nosné plochy	-
k_2	bezpečnost druhé nosné plochy	-
k_3	bezpečnost kombinace obou ploch	-
m	maximální hmotnost pacienta	kg
m_{min}	50% z poloviční maximální hmotnosti pacienta	kg
m_{max}	75% z poloviční maximální hmotnosti pacienta	kg
p_1	tlak vyvíjený na první nosnou plochu	MPa
p_2	tlak vyvíjený na druhou nosnou plochu	MPa
p_3	tlak rozložený na obě nosné plochy	MPa
D_1	velký průměr první nosné plochy	mm
D_2	velký průměr druhé nosné plochy	mm
FH	francouzská hůl	-
F_{min}	minimální síla vyvíjená pacientem o hmotnosti 120kg	N
F_{max}	maximální síla vyvíjená pacientem o hmotnosti 120kg	N
S	plocha mezikruží	mm^2
S_1	plocha mezikruží první nosné plochy	mm^2
S_2	plocha mezikruží druhé nosné plochy	mm^2
π	Ludolfovo číslo	-

1 ÚVOD

Chůze, to je přirozená lidská aktivita, které se člověk naučí v útlém věku. Pokud však je tento pohyb narušen, hledá se pomoc. Ano, první pohled na berle, francouzské hole, hůlky a chodítka je, že pomáhají. Pomáhají po úrazech, ale i po životních situacích, které se někdy ani ovlivnit nedají. Lidé s vrozenými vadami jsou na kompenzační pomůcky odkázáni celý život. Navíc dnešní moderní svět výrazně zvedá laťku aktivnímu životu seniorů, jejichž těla, i přes značnou pomoc medikamentů, nejsou schopna se pohybovat tak jako dřív. Na ulici lze denně potkat desítky lidí ve starobním důchodu s podpěrou, kterou využívají k různým účelům.

Druhý pohled, a to dost zásadní, je, že ortopedické pomůcky jsou obtížné, nikdo je nechce dobrovolně používat. Jsou mnohdy nepohodlné a o co víc ulehčí postiženým nohám, dvakrát více zatíží zbytek těla. Taky bývají jasnou vizitkou toho, že člověk není zdravý, něco není v pořádku.

Bakalářská práce se konkrétně zaměřuje na kompenzační pomůcku francouzskou hůl (FH). Impulsem pro výběr tématu byla vlastní zkušenost, která také přispěla k dalším nápadům. Je zřejmé, že hlavní roli v návrhu hraje ergonomie – pohodlí především. Také se snaží využívat normalizovaných polotovarů a běžně používaných materiálů, aby se alespoň trochu ušetřilo po finanční stránce. Tato práce si bere za cíl propojení technických možností, ergonomických kritérií a designu při respektování ekonomické stránky. Nelze tvrdit, že ostatní výrobky, které se prodávají, jsou špatné, ale cílem této práce je snaha o nový pohled na problematiku a vyvíjením inovativních variant nabídnout jiné řešení. Takže možná tato varianta není nejlepší na světě, ale je svá.

1.1 ZADANÉ CÍLE

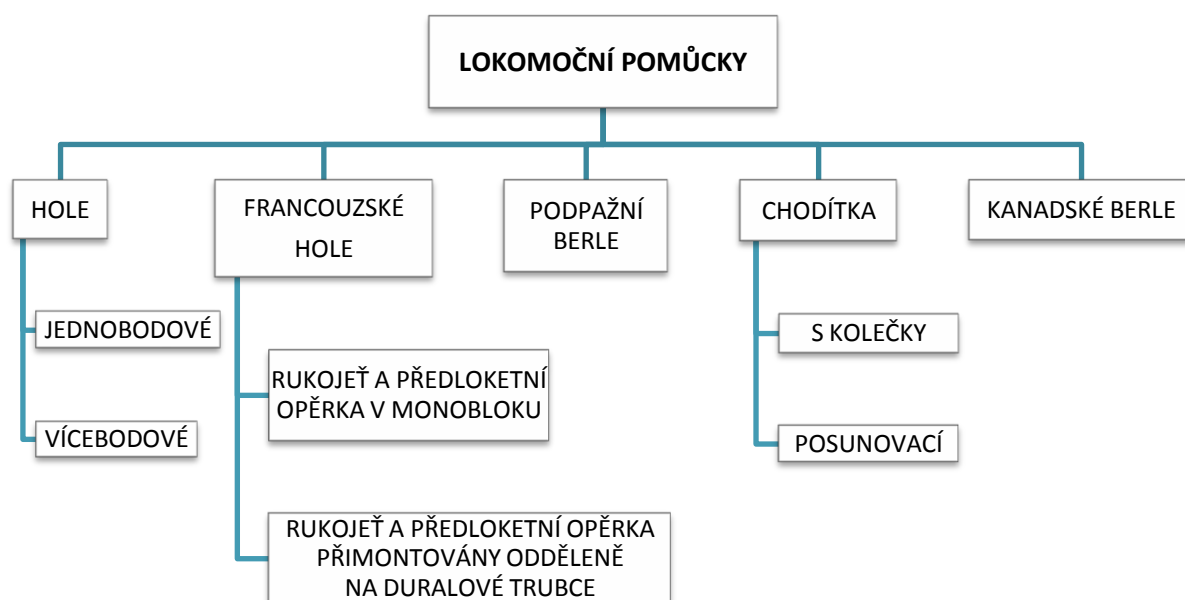
Pro zhotovení práce byly oficiálně zadány tyto cíle:

- provést rešerši v oblasti navrhované pomůcky,
- při vlastním návrhu respektovat zásady ergonomie, léčebné a rehabilitační postupy,
- maximální hmotnost pacienta 120 kg,
- pro vytvoření 3D modelu zvolit CAD/CAM systém používaný na Fakultě strojní,
- ze 3D modelu vytvořit sestavný výkres a jeden dílenský výkres ze sestavy,
- provést nezbytné výpočty s využitím speciálních SW,
- pro obhajobu zhotovit model některého vybraného prvku, dále vizualizaci finálního návrhu.

2 REŠERŠE

2.1 ROZDĚLENÍ

Uvedená rozdělení se odvíjí od nabídky na trhu. První rozdělení je podle konstrukce (obr. 2.1). Bližší specifikace jednotlivých druhů jsou rozebrány v kapitole 2.1.1. Druhé rozdělení je podle uživatelů, kteří tyto pomůcky používají (obr. 2.2).



Obr. 2.1 Schéma rozdělení lokomočních pomůcek podle konstrukce



Obr. 2.2 Schéma rozdělení uživatelů podle handicapu

2.1.1 LOKOMOČNÍ POMŮCKY

Tyto pomůcky pomáhají chodit mnoha uživatelům s nejrůznějšími nemocemi. Zároveň je velmi důležité, který typ je pacientovi doporučen, protože špatně zvolená pomůcka přináší více škody než užitku. Tento výběr závisí na zatížení, které by měla pomůcka za uživatele převzít. Například chodítko se naprosto nehodí pro zlomenou nohu, ale výborně jej využijí senioři.

Nejstarší podpůrnou pomůckou k chůzi je klasická hůl. Ideálně by měla být zatěžována 5 % až 25 % celkové hmotnosti těla. Její nejčastější uživatelé jsou senioři nebo lidé, kteří mají mírnou vadu dolní končetiny a nepotřebují se plně opírat o lokomoční pomůcku. K chůzi se používá jedna hůl samostatně. Příklad takového výrobku je na obrázku 2.3, v tomto případě se jedná o složitelnou variantu.

Užitečnými pomůckami po amputacích či zraněních jedné dolní končetiny jsou podpažní berle (obr. 2.4). Stupeň zatížení, které přenáší, je 90 % až 100 % z celkové váhy pacienta. Používají se pouze obě najednou. Jelikož umí dolní končetiny nejvíce odlehčit, musí být tlak rozdělen do podpažní části a do rukojeti, čímž se také sníží fyzická náročnost při používání.



Obr. 2.3 Klasická hůl – složitelná (13)



Obr. 2.4 Podpažní berle (11)

Neobvyklou ortopedickou pomůckou v naší republice jsou kanadské berle. Tyto berle jsou ergonomicky výhodně navrženou pomůckou. Předloktí v tomto případě pohodlně spočívá v horizontální poloze a lze jím natáčet až do vertikální polohy. Je vhodná pro aktivní rehabilitaci chůze. Z obrázku 2.5 jsou patrné prvky sloužící k zafixování polohy ruky.

Na zcela jiném principu fungují chodítka – uživatel v podstatě chodí sám a posouvá chodítko před sebou v malých vzdálenostech. Nejčastěji se tyto výrobky objevují mezi seniory. Často bývá doplněno různými doplňky, např. košíky na drobnosti či brzdami v případě chodítek s kolečky. Příklad klasického chodítka bez doplňků je zobrazen na obrázku 2.6.



Obr. 2.5 Kanadská berle (23)



Obr. 2.6 Chodítko (11)

Poslední zdravotnickou pomůckou, která bude charakterizována, je francouzská hůl (FH). Protože hlavním tématem práce je právě FH, bude se její rešerší zabývat celá podkapitola 2.1.2.

2.1.2 FRANCOUZSKÉ HŮLE

Francouzská hůl je lokomoční pomůcka, která nabízí rehabilitovanému pacientovi účinnou podporu pro zatížení 50 % až 75 % z jeho celkové hmotnosti. Funkce je mnohostranná, uživatelé FH používají jak při dočasných zraněních, tak při dlouhodobém problému s chůzí. V ČR je její využívání velmi časté, avšak trh se omezuje jen na několik základních typů. Rešerše je provedena také ze zahraniční nabídky.

Český standardní typ (obr. 2.7): Plně hrazena zdravotními pojišťovnami. Rukojeť s opěrkou předloktí je odlita z plastu do monobloku. Z ergonomického hlediska je rukojeť zastaralá a po delším používání způsobuje otlačení dlaně.

Osvěžením našeho trhu byla hůl od společnosti Erilens (obr. 2.8), návrh českého designéra René Šulce. Rukojeť a opěrka předloktí jsou připevněny na duralové trubce odděleně, což zaručuje dobrou variabilitu. Na opěrce je přidán pásek, který zafixuje ruku k holi. Jednotlivé prvky jsou bytelné, proto je hůl výhodná pro dlouhodobé a náročné používání. Je patrné používání kontrastních barev.



Obr. 2.7 Český standardní typ (6)



Obr. 2.8 Model FDS 96 (6)

Pro lepší pohodlí dlaně jsou vhodné hole s měkčenou rukojetí. Měkčení bývá navíc v kontrastních barvách, což je výhodné jednak kvůli viditelnosti a také po estetické stránce. Dostupná verze s měkčením je na obrázku 2.9.

Zahraniční nabídka se zabývá trochu experimentálními návrhy, někdy jsou výsledky jen inspirativní. Např. na obrázku 2.10, kde se takřka neobjevuje ergonomický pohled na věc, dokonce ani výška není nastavitelná a ani vzhledově není FH příjemná, jedinou výhodou je stohovatelnost.

U některých typů FH se objevuje možnost mít pravou nebo levou rukojeť. Toto řešení je pro dlaň jistě velmi pohodlné, nevýhodou je neuniverzálnost. Tvarování takovéto rukojeti se nachází na obrázku 2.11, kde je patrná také zajímavá předloketní opěrka, která je téměř uzavřená.



Obr. 2.9 Rukojeť s měkčením (12)



Obr. 2.10 Experimentální verze (5)



Obr. 2.11 Rukojeť pro pravou či levou ruku (8)

Poslední dva typy, které stojí za zmínku, jsou vizualizovány na obrázcích 2.12 a 2.13.

Obr. 2.12: Extravagantní vzhled je sice působivý, ale více než funkčností se může pyšnit sebevyjádřením autora, a ne všem lidem může být blízký. Dobré je nastavování výšky, které je ovládáno jen jedním tlačítkem. Odpružení nárazů má zaručit výrazné měkčení, které se nachází na celém výrobku.

Obr. 2.13: Esteticky příjemný tvar, čisté linie a střízlivé barvy. Zajímavostí je „lyžina“ na spodní části. Rukojeť je s trubicou propojena neobvykle zepředu.



Obr. 2.12 Extravagantní vzhled (9)



Obr. 2.13 Čisté linie (9)

2.2 INTERVIEW

Pro ucelenější přehled o tématice posloužilo interview, které jsem provedla. Zdrojem informací byla rehabilitační sestra, paní Dana Boháčová, která pracuje ve zdravotním zařízení THERÁPON 98, a. s., a svému oboru se věnuje přes třicet let.

S jakým typem hole s pacienty nacvičujete nebo jaký typ je nejpoužívanější? Nemusíte znát přesný název.

Klasické s umělohmotnou rukojetí.

Kterí pacienti nejčastěji nacvičují chůzi s francouzskými holemi? Odhadněte, v jakém poměru (např. „nestabilní“ senioři 50%, zranění lidé 30%, lidé s vrozenou vadou 5%, apod.).

Senioři – 30%, zranění – 50%, lidé s vrozenou vadou – 20%.

Které nemoci trápí osoby, které jsou na francouzské holi dlouhodobě závislé?

Coxartroza, gonothroza, vrozené vady kloubů dolních končetin, ...

(Vysvětlivky autora: coxartroza – artróza kyčelního kloubu, gonothroza – degenerativní poškození kolen.)

Jak dlouho trvá jinak zdravému pacientovi, než se chůzí s francouzskými holemi unaví natolik, že musí zastavit?

Individuálně podle fyzické kondice.

Pozorujete negativní účinky rukojeti na dlaň (otlaky, deformace, pocení, klouzání...)?

Z počátku otlaky, pocení i klouzání.

Vyhovuje všem pacientům velikost rukojeti a předloketní opěrky?

Využívám nastavitelnou velikost.

Vím, že senioři jsou velmi všímaví. Mají nějaké trefné připomínky?

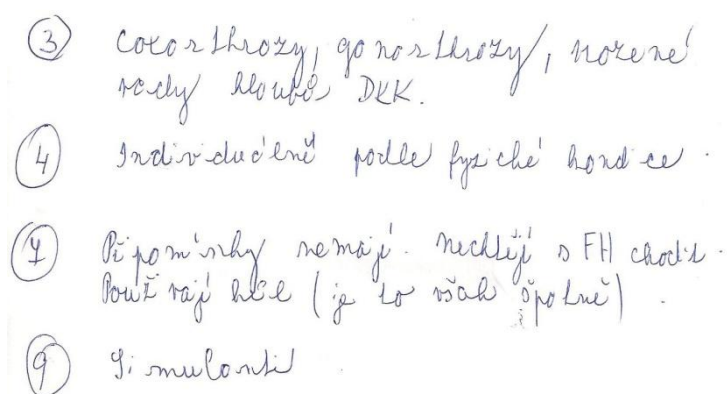
Připomínky nemají. Nechtějí s francouzskou holí chodit. Raději používají podpažní berle, je to však špatně, protože jejich dlouhodobým používáním se deformuje axilární nerv. Také není dobře, když se FH používá jen jako opěrka pro zvýšení stability. Senioři mají navíc problém si nastavit tu správnou výšku, a proto se jim chodí špatně i s holí.

Co si myslíte o lidech, kteří mají hůl spíše jako doplněk a někdy se dokonce zapomenou a přeběhnou cestu? Není třeba možné, že se jim schopnost bezbolestné chůze někdy zázračně vrátí?

Simulanti.

Máte nějaké doplňující informace pro studentku průmyslového designu, u které je dost možné, že se bude navrhováním podobných věcí zabývat?

Zpevnit úchytka na nastavení výšky.

- 
- ③ coxarthrozy, gonarthrozy, nožní rachy hloubě DKK.
 - ④ individuálně podle fyzické kondice.
 - ④ Pipoměrky nemají. Někdy s FH chodí. Používají hůl (je to však špatně).
 - ⑨ Simulanti

Obr. 2.14 Ukázka odpovědí na dotazy

2.2.1 HODNOCENÍ INTERVIEW

Z dlouholetých zkušeností paní Boháčové lze vyčíst, že senioři nejsou většinou uživatelé – FH dokonce nemají vůbec v oblibě a neumí ji správně používat. Starší lidé často neznají, jak se má hůl správně nastavit, používají ji špatně a tím přispívají k vzniku dalších nemocí. Nejčastějšími pacienty jsou krátkodobě zranění lidé.

3 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

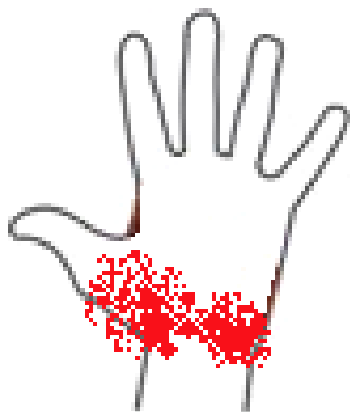
Kromě oficiálních cílů, které jsou elementární pro správnou funkci výrobku, se na základě rešerše a vlastních zkušeností vyskytly další osobní cíle:

ergonomicky tvarovaná rukojeť s velkou styčnou plochou,
design pro mladší uživatele,
barvy pro dobrou viditelnost a bezpečnost,
systém „antishock“ – odpružení vibrací,
nastavení velikosti pro percentilově nejpočetnější skupinu obyvatelstva,
možnost provedení více variant – dle potřeb nebo vkusu uživatele.

3.1 ERGONOMIE

RUKOJEŤ

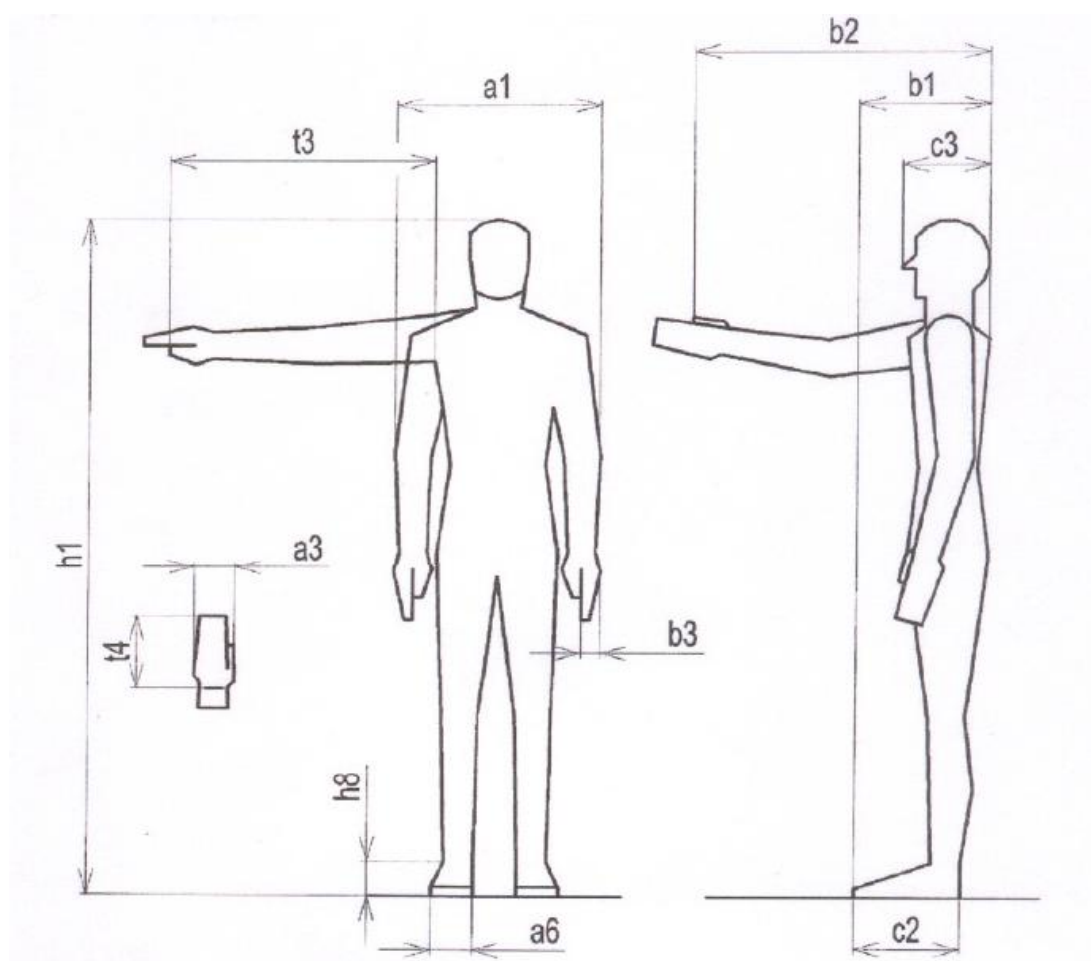
Hlavní zásadou pro rukojeti je, že plocha, na kterou dlaň vyvíjí tlak, musí být co největší, aby nedocházelo k lokálnímu otláčení (obrázek 3.1). Dále by se na rukojeti neměly objevovat ostré hrany. Nejlepší způsob, jak získat představu o ergonomičnosti své myšlenky, je ruční modelování z Claye a modelářské hlíny. Ideální by byla rukojeť, která je určena buď na pravou nebo na levou ruku, ale s ohledem na výrobu byla tato možnost vyloučena a zájem přesměrován na univerzální pojetí. Lidské tělo je přírodní produkt, ztotožňuje se tedy s organickými tvary, ale z tvůrčího hlediska je lepší se na tvar dívat jako na souhrn geometrických útvarů.



Obr. 3.1 Nejvíce namáhané plochy na dlani: pacient přenáší až polovinu své hmotnosti na relativně malou plochu, tím vzniká otláčení na dlani v místech zakončení vřetenní a loketní kosti. Zvětšením této plochy dojde ke vhodnějšímu rozložení tlaku.

DIMENZOVÁNÍ DLE ERGONOMICKÝCH NOREM

Dimenzování FH se v první řadě provádí podle rozměrů lidského těla. Pro návrh je důležitý interval dospělé populace okolo 95. percentilu, to znamená, že návrhy se nebudou týkat osob enormě velikých nebo naopak velmi malých. Rozměry těla jsou vyznačeny na obrázku 3.2, který blíže popisuje norma ČSN EN 547-3+A1. Ostatní parametry pochází z jiného, avšak méně aktuálního zdroje, z roku 1989. Přepočtem bylo zjištěno, že od roku 1989 evropská populace „vyrostla“ o cca 4 %, ale na rozměry v řádech centimetrů nebo milimetrů to nemá příliš vliv.



Obr. 3.2 Definované lidské rozměry.

Tab. 3.1 Potřebné rozměry pro konstrukci

POTŘEBNÉ ROZMĚRY pro P95		
Popis	Průměrná hodnota populace [mm]	Rozmezí: nejmenší žena až nejvyšší muž [mm]
Tělesná výška	1881	1550 – 1881
Vzdálenost loket – úchop	380	250 – 380
Vzdálenost kyčel – zem	1115	930 – 1115
Šířka ruky u metakarpů	97	80 – 100
Průměr předloktí	120	90 – 120

Které části návrhu budou ovlivňovat tyto rozměry?

Vzdálenost od kyčlí po zem poukazuje na rozmezí nastavitelné výšky trubky.

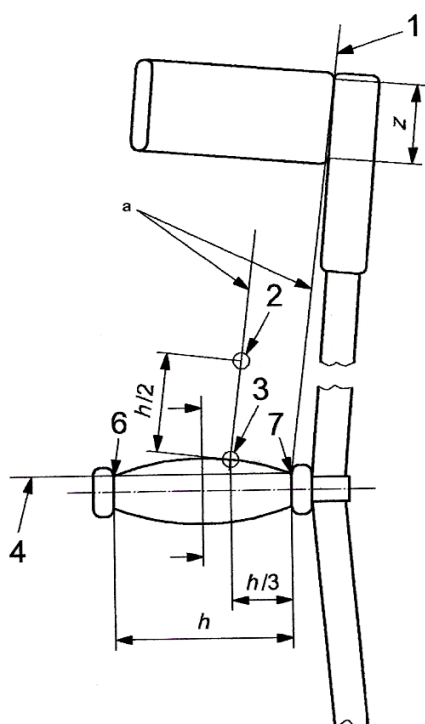
Délka rukojeti se odvíjí od šířky ruky u metakarpů.

Vzdálenost od lokte v úchopu určuje délku předloketní opěrky.

Průměr předloktí udává rádius, který má předloketní opěrka nahoře.

Dle normy ČSN EN ISO 11334-1 má mít rukojeť délku minimálně 110 mm a šířku 25 až 50 mm.

Naznačení ostatních rozměrů a úhlů potřebných ke konstrukci je zobrazeno na obrázku 3.3.



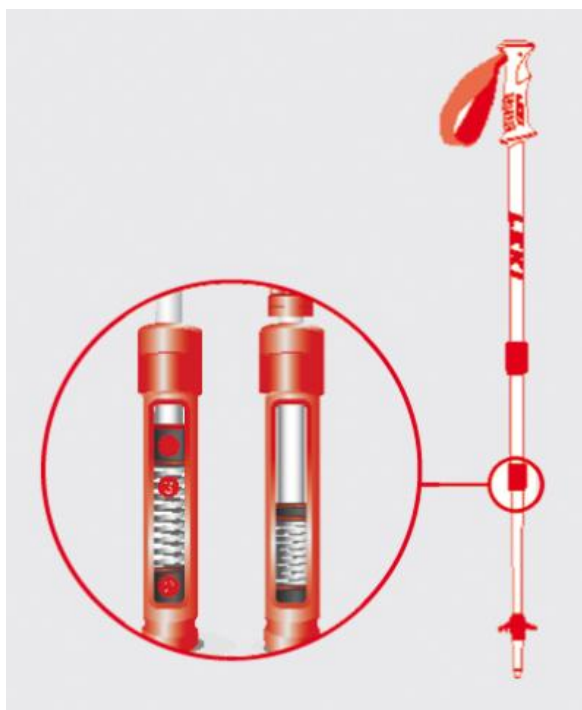
Obr. 3.3 Popis jednotlivých detailů rukojeti:

- 1 předloketní linie
- 2 bod pohybu zápěstí
- 3 pevný bod
- 4 přímka rukojeti
- 5 šířka rukojeti
- 6 přední referenční bod rukojeti
- 7 zadní referenční bod rukojeti
- h délka rukojeti
- z výška předloketní opěrky
- a rovnoběžky

ANTISHOCK

Při každém kontaktu pevné tyče se zemí dochází k nárazu – šoku – který se přenáší přes rukojeť do dlaně, do celé paže a v menší míře do celého těla. Ovšem chůze je pohyb dlouhodobý a stereotypní, takže takovýmto „šokům“ musí tělo čelit asi 200krát za 100 metrů, za celý den je to minimálně 4000 nárazů.

Řešením je umístění odpružení do duralové trubky pomocí pružiny, která absorbuje nárazy (jako je to u tyčí pro Nordic walking, obr. 3.4). Další možnost je použít vložku do spodní části trubky (běžně používané u dámských bot v podpatcích, obr. 3.5).



Obr. 3.4 Tyč pro Nordic walking (22)



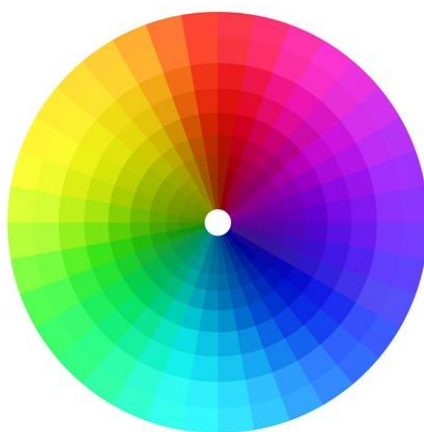
Obr. 3.5 Podpatek s odpružením (24)

3.2 DESIGN

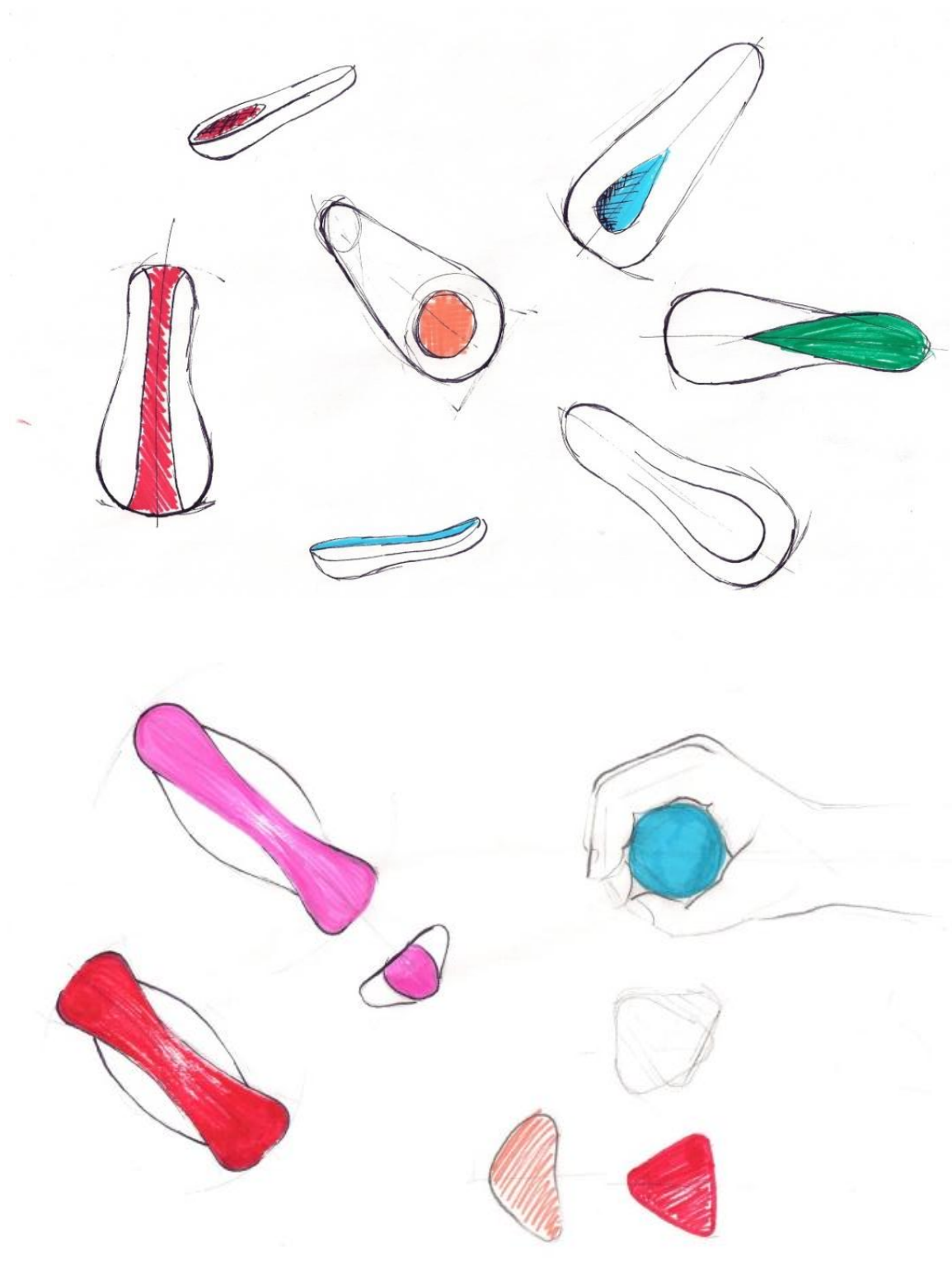
Při tvorbě skic byl kladen důraz na lehkost vzhledu, čisté tvary a využívání měkčených materiálů, které jsou znázorněny barevně (obrázky 3.7, 3.8). Obrázek 3.7 znázorňuje půdorysy samotných rukojetí a také způsob úchopu. Na obrázku 3.8 jsou kromě půdorysů varianty připojení předloketní opěrky. Některé z návrhů byly modelovány také ze šamotové hlíny nebo modelovací hmoty (Clay) a byly hodnoceny podle subjektivních pocitů.

BARVY

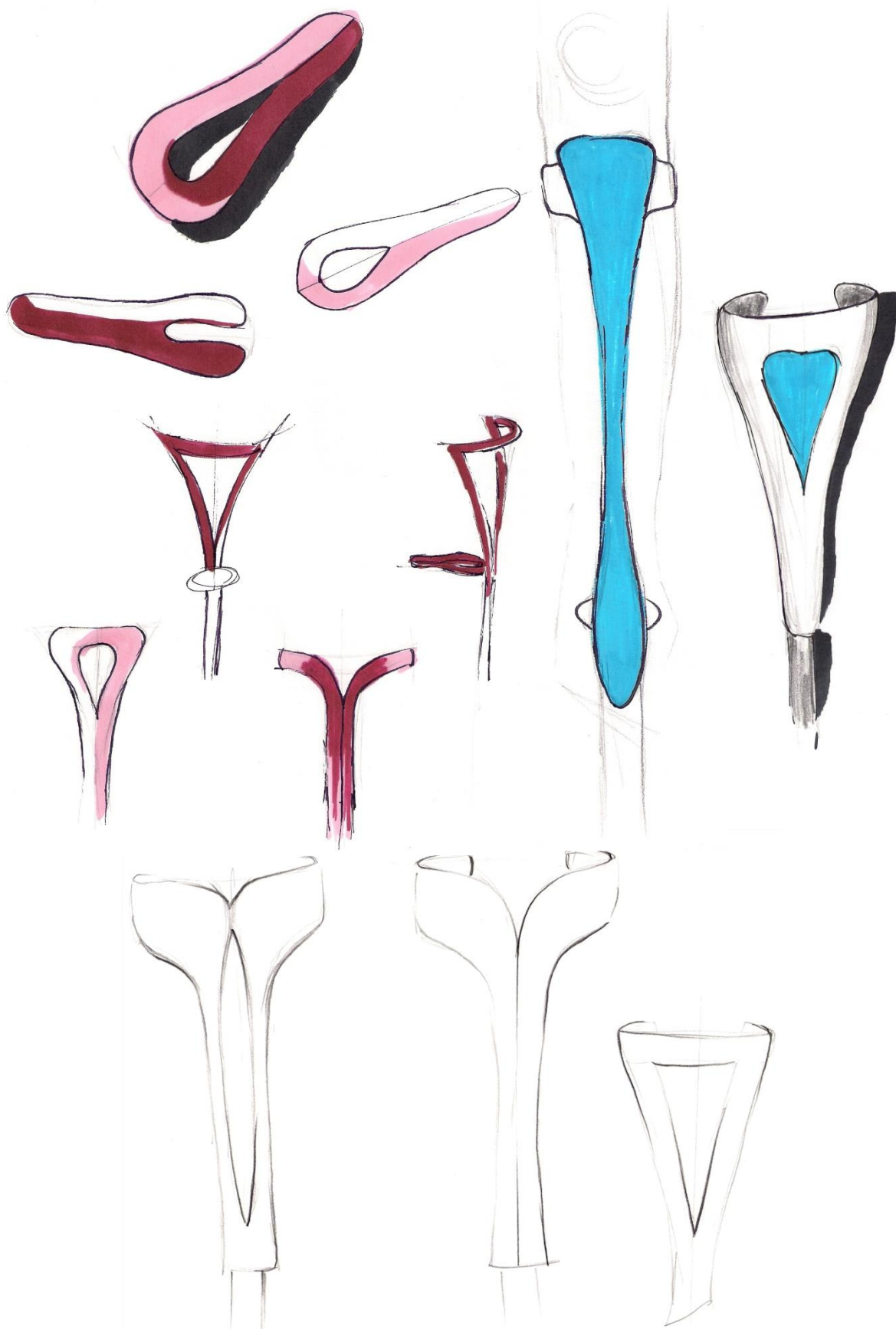
Řešení barev je důležité nejen z estetického hlediska, ale také z důvodu dobré viditelnosti a bezpečnosti. Barevné spektrum nabízí škálu odstínů na výběr. K účelu, kterému FH slouží, je vhodná kombinace barvy bílé se zelenou. Z psychologického hlediska se bílá popisuje jako čistota, střídmost, světlo. Zelené se přisuzuje hygiena, jistota, stabilita a naděje. Navíc kombinace těchto dvou barev je obecně používaná pro informativní značky. Pro lepší viditelnost se ještě využije reflexní úprava plastů.



Obr. 3.6 Barevné spektrum (21)



Obr. 3.7 Studie tvarů – půdorysy rukojeti a způsob uchopení

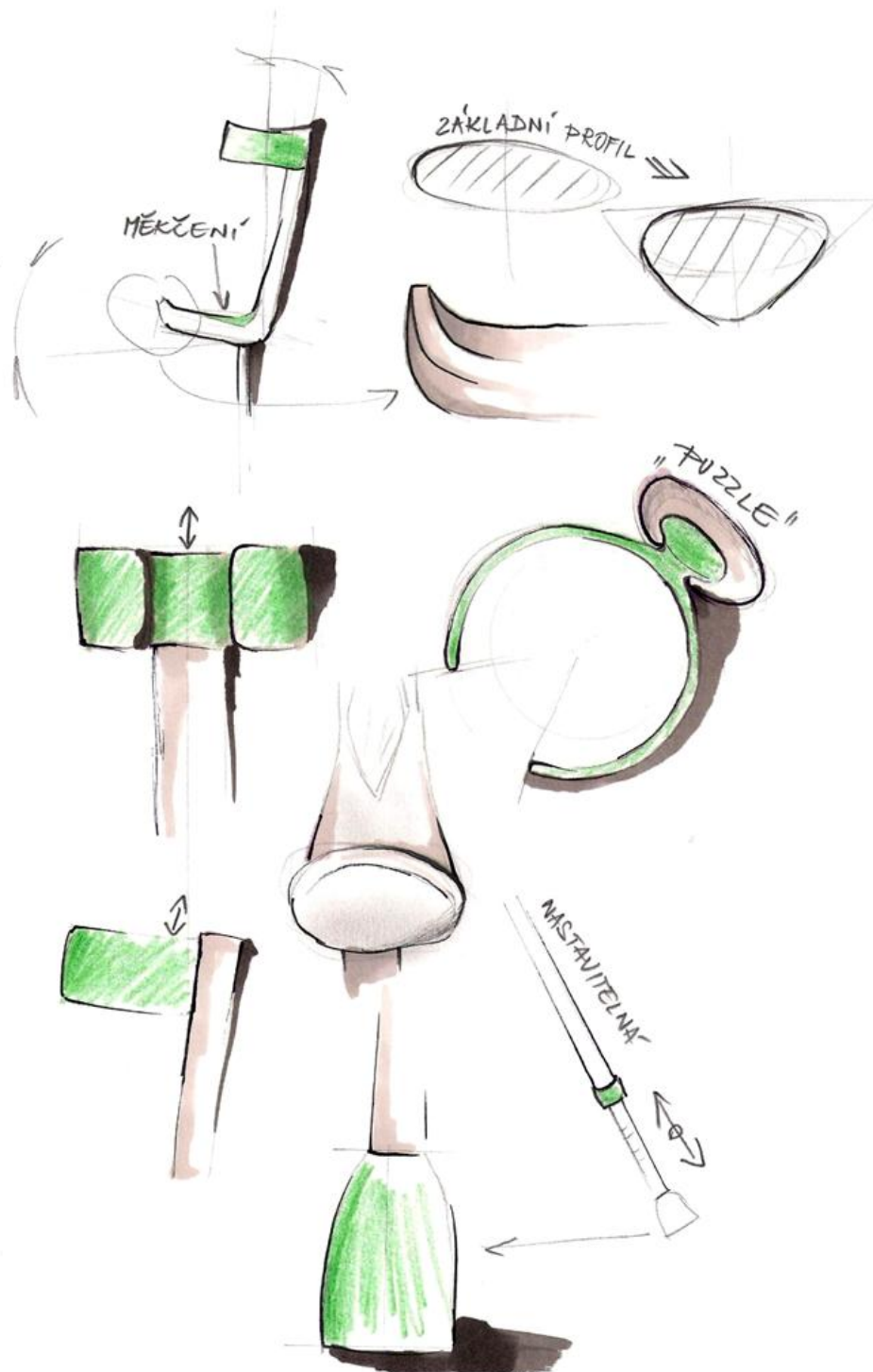


Obr. 3.8 Studie tvarů – půdorysy rukojetí a navázání předloketní opěrky

4 FINÁLNÍ PROVEDENÍ

4.1 SKICE

Po mnoha předešlých návrzích se pozornost ustálila na jedné variantě, která v sobě snoubí požadované vlastnosti včetně barevnosti.

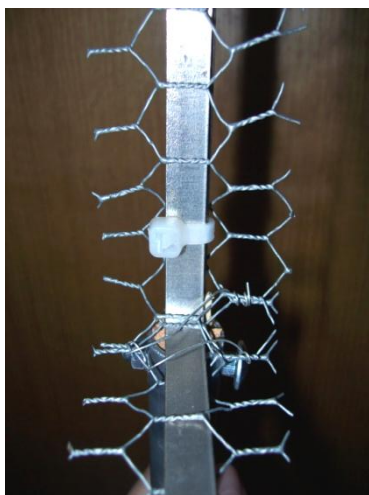


Obr. 4.1

Podrobné rozkreslení finální verze

4.2 TVORBA FYZICKÉHO MODELU

Tvorba fyzického modelu byla časově velmi dlouhá etapa, která se nedá urychlit. Přinášela okamžité viditelné výsledky, proto stojí za to se o ní zmínit. Navíc při jeho vytváření vznikaly úpravy, na které by se jen při teoretickém bádání nepřišlo. Průběh je zobrazen na ilustrativním časovém schématu, kde jsou zachyceny zajímavé mezníky.



Podle ergonomických měření bylo nutné vyrobit kostru, která poté nesla hmotu (detail).



Pro rychlé ztvárnění vize byla pro modeláž použita modelářská šamotová hlína. Kvalita provedení pak udává kvalitu hotového výrobku, který se odlévá ze sádry.



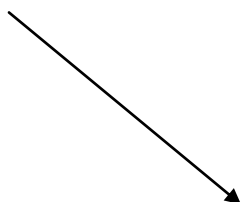
Tvorba sádrové formy.



Sádrový odlitek má značné povrchové nerovnosti, je třeba je brousit, popř. tmelit.



Jako polotovar k vytvoření opěrky posloužila PVC (novodurová) trubka o průměru 110 mm, která je dle potřeby obroušena, zatmelena akrylátovým tmelem a nastříkána barvou ve spreji.

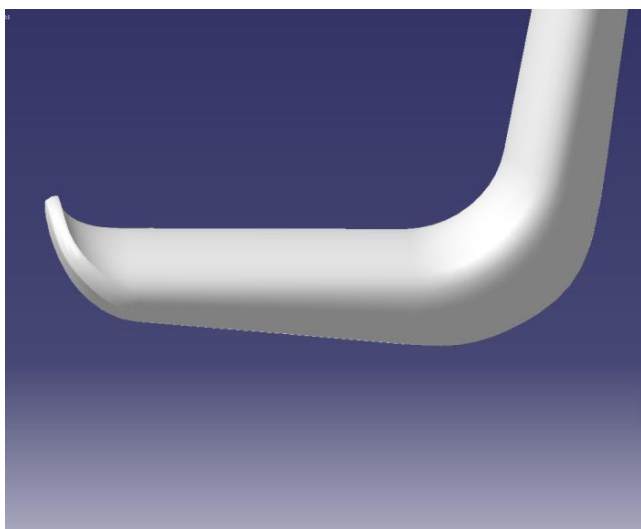


Hotový výrobek byl zatmelěn akrylátovým tmelem, zabroušen, byla vybudována drážka na vsunutí zelené opěrky. Dále vše zastříkáno tmelem ve spreji a jemně vybroušeno. Na závěr se rukojeť obarvila několika tenkými vrstvami bílého laku.



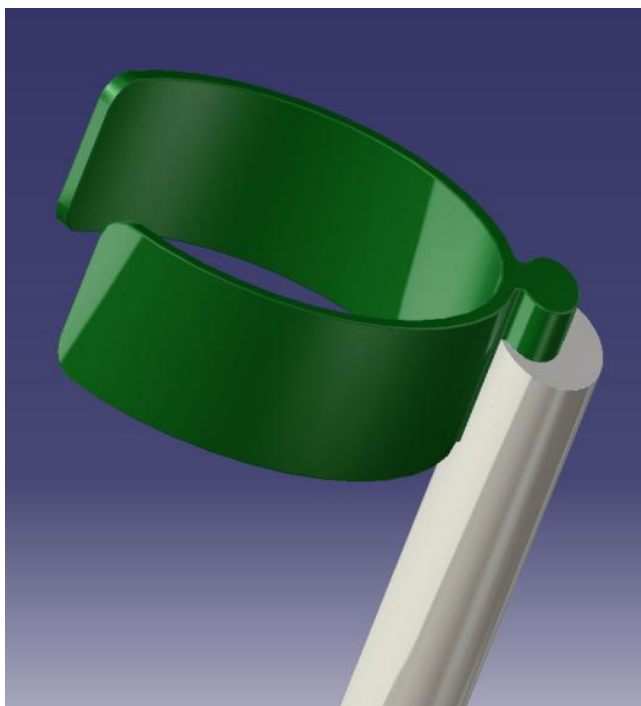
Obr. 4.2 Schéma tvorby modelu

4.3 DETAILNÍ POPIS JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ



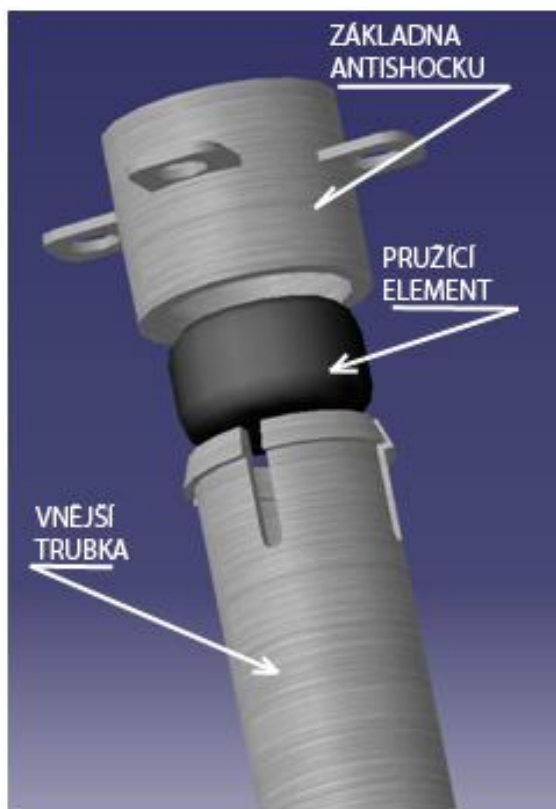
Obr. 4.3 Rukojeť:

Podklady pro její vytvoření pochází z ergonomického rozboru, z ručních skic a také z fyzického modelu, který byl vodítkem pro modelování složitějších ploch. Materiál pro výrobu byl navržen polypropylén, který se běžně na odlitky tohoto typu používá. Cílem bylo tento materiál použít s reflexní úpravou – pro lepší viditelnost.

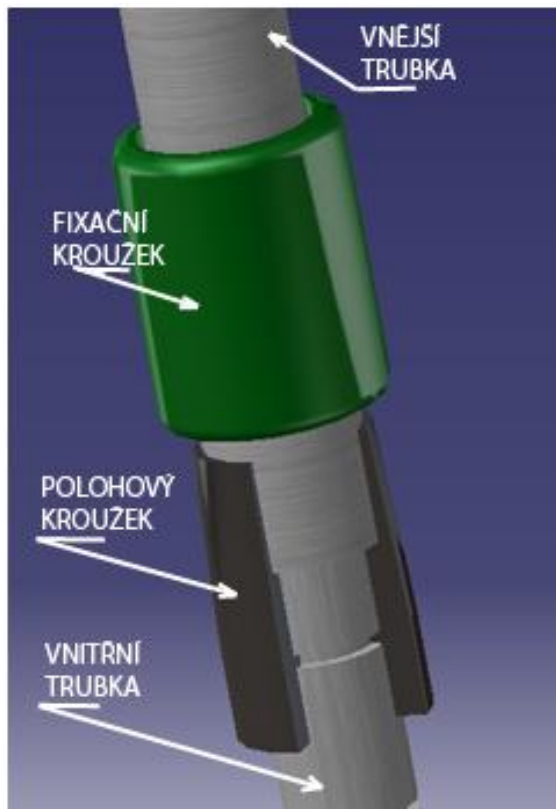


Obr. 4.4 Opěrka předloktí:

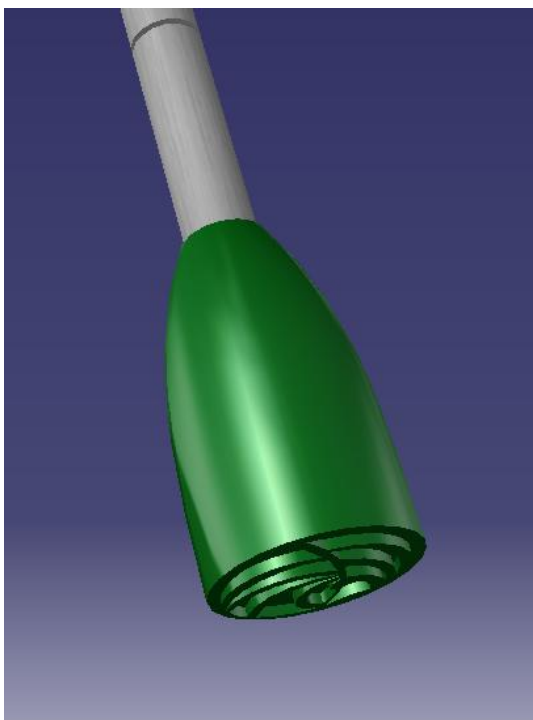
Odnímatelná opěrka je vyměnitelná za jinou velikost či jinou barvu dle potřeby a přání pacienta. Spojujícím prvkem je elipsový tvar, který zapadá do monobloku podobně jako „PUZZLE“. Materiálem je také polypropylén, ovšem s kontrastní barvou. Tvar opěrky do písmene C je popsán v normě ČSN EN ISO 11334-1, která přesněji definuje rozpětí volných konců, aby předloktí pohodlně překonalo tuhost materiálu.



Obr. 4.5 Systém antishock v rozloženém stavu. ZÁKLADNA ANTISHOCKU: trubka TR ϕ 22x1 zapustitelná do plastové rukojeti, elementy na vnějším průměru zajišťují lepší ukotvení v plastu. PRUŽÍČÍ ELEMENT je pružný elastomer tlumící nárazy přenášené od země. HLAVNÍ DURALOVÁ TRUBKA TR ϕ 18x1.5 je opatřena drážkami, které díky pružnosti materiálu dovolují její chvilkové sevření a zasunutí do trubky zapařené v rukojeti. Tento spoj je rozebíratelný a tím i recyklovatelný.



Obr. 4.6 Nastavitelnost výšky je zajištěna dolním koncem hole – VNITŘNÍ TRUBKOU TR ϕ 14x2.5, ve které jsou každých 20 mm vysoustruženy drážky. Vzájemnou polohu VNĚJŠÍ a VNITŘNÍ TRUBKY udává nerezový POLOHOVÝ KROUŽEK. Díky podélnému výřezu kroužek slouží jako pružina. Při roztažení rukou jej lze po jednotlivých krocích (20 mm) přesouvat a nastavit tak potřebnou výšku hole. Po odlehčení díky pružnosti zapadnou výstupky kroužku do zářezů ve VNITŘNÍ TRUBCE. Aby nedošlo k nechtěnému otevření kroužku, je fixován ve své poloze navlečeným FIXAČNÍM KROUŽKEM z plastu, který jej díky kuželovým plochám sevře. Poměr kuželovitosti je nastaven tak, aby zbytečně nezvětšoval vnější průměr obou kroužků a aby byl spoj snadno rozebíratelný silou lidské ruky.



Obr. 4.7 Pryžový násadec: Tento element je nejčastěji vyměňovaná součást, protože přijímá nejvíce mechanického opotřebení z okolí a v podstatě ihned se znečistí. Na spodní části je protiskluzový vzor na každé roční období kromě zimy, kdy se používají speciální nástavce s kovovými hroty. Tento násadec je navržen speciálně pro tento návrh, pasuje jen na trubku ϕ 14, na rozdíl od běžně dostupných na ϕ 18.

4.4 HUMAN BUILDER

V názvu mé bakalářské práce je přímo zadáno, že se využije workbench Human builder systému Catia. Tento „pracovní stůl“, jak se dá z angličtiny přeložit, nabízí možnost zkusit si, zda vymodelovaná součást bude ergonomicky vyhovovat lidskému tělu. Pro vizualizaci byl nadefinován humanoid pohlaví mužského, národnosti francouzské, 95. percentilu.



Obr. 4.8 Detail uchopení levou rukou



Obr. 4.9 Pohled na celé tělo
handicapované osoby (na levé noze
má sádku)



Obr. 4.10 Pohled shora

5 VÝPOČTY

5.1 POLOHOVÝ KROUŽEK

Bylo nutné pevnostně zanalyzovat součást, která je v souvislostech zobrazena v kapitole 4.3, na obrázku 4.6. Nejvíce zatěžovány jsou zejména plochy styčné s duralovými trubkami, viz obrázek 5.1.

Tab. 5.1 Materiálové vlastnosti

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI	
název	korozivzdorná ocel Cr–Ni–Al–Ti
značení	17 351
mez kluzu R_e	700 MPa
mez pevnosti R_m	880 – 1070 MPa



Obr. 5.1 Isometrický pohled na součást, působení napětí

ZATĚŽUJÍCÍ SÍLA

Síla, která na součást buď trvale, nebo periodicky působí, je vypočtena z hmotnosti lidského těla, z předpokladu, že pacient působí na jednu hůl polovinou své tělesné hmotnosti a z empirického poznatku, že se na FH přenáší pouze 50 až 75% hmotnosti, v tomto případě $m=120$ kg.

$$m = 120 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Stanovení minimální a maximální síly F_{\min} a F_{\max} :

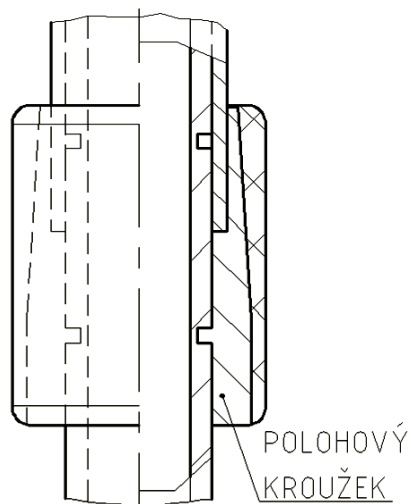
$$F = m \cdot g$$

$$F_{\min} = m_{\min} \cdot g = 120 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.5 \cdot 9.81 \doteq 300 \text{ N} \quad (5.1)$$

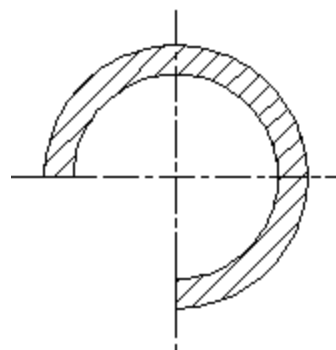
$$F_{\max} = m_{\max} \cdot g = 120 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0.75 \cdot 9.81 \doteq 450 \text{ N}$$

Síla F_{\max} působí pouze na horní ploše mezikruží, nebo na spodní ploše mezikruží, nebo na obě plochy současně, záleží na přesnosti výroby jednotlivých dílů a jejich vzájemném opotřebení. Pevnostní kontrola se bude týkat všech tří možností. Umístění součásti v sestavě je na obrázku 5.2.

Obě zkoumané plochy mají společné to, že jejich obsah není ideální mezikruží, ale pouze 270°, což znamená, že chybí ¼ plochy a to je zohledněno ve výpočtu. Znázornění je na obrázku 5.3.

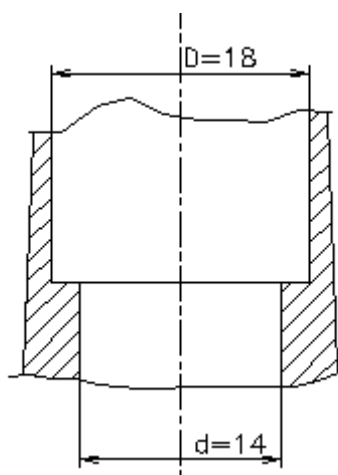


Obr. 5.2 Umístění součásti v sestavě



Obr. 5.3 Půdorys průřezu nosných ploch

a) všechny tlak se přenáší na horní plochu



Obr. 5.4 Řez kroužkem

Z důvodu sražení hran se oba průměry změní o 0.5 mm, takže se ve skutečnosti bude počítat s:

$$D_1 = 17.5 \text{ mm}$$

$$d_1 = 15.5 \text{ mm}$$

$$p_{\text{dov}} = 70 \text{ MPa} \text{ (pro spojení pevné, s možností mikroposuvů)}$$

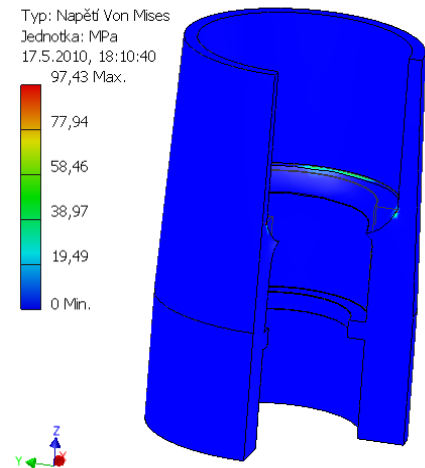
$$S = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} (17.5^2 - 15.5^2) = 51.8 \text{ mm}^2 \quad (5.2)$$

$$S_1 = S - \frac{S}{4} = 51.8 - \frac{51.8}{4} = 38.85 \text{ mm}^2 \quad (5.3)$$

$$p_1 = \frac{F_{\text{max}}}{S_1} = \frac{450}{38.85} = 11.58 \text{ MPa} \quad (5.4)$$

$$k_1 = \frac{p_{\text{dov}}}{p_1} = \frac{70}{11.58} = 6 \quad (5.5)$$

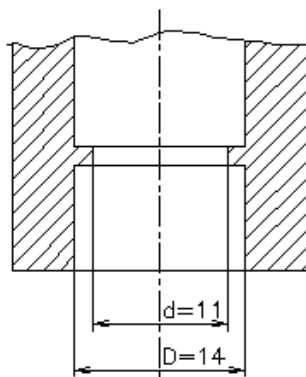
Z výsledků vyplývá, že součást je navržena dostatečně pevně, aby materiál vydržel předpokládané zatížení. Dokonce ze vztahu 5.5 vyplývá, že bezpečnost je 6, což je pro tento druh výrobku naprosto dostačující. Výsledek vztahu 5.4 byl použit pro zadání ve výpočtovém modulu metody konečných prvků (MKP) programu Autodesk Inventor rel. 2010. Vizualizace vzniklého redukovaného napětí je na obrázku 5.5, výpočet se provedl podle hypotézy H-M-H.



Obr. 5.5 Redukované napětí podle H-M-H

b) všechny tlak se přenáší na dolní plochu

Výpočetní vztahy jsou analogické jako v případě a).



Obr. 5.6 Řez kroužkem II

Opět z důvodu sražení hran se mění průměry, v tomto případě:

$$D_2 = 12.5 \text{ mm}$$

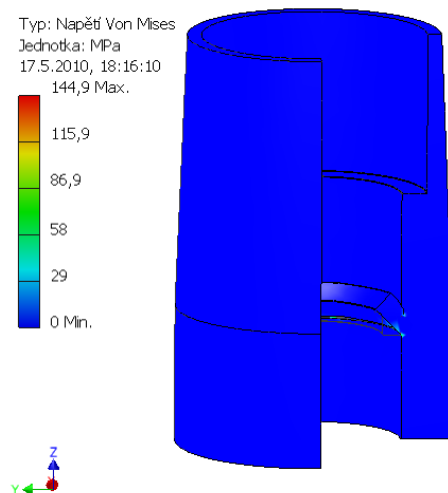
$$d_2 = 10 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - d_2^2) = \frac{\pi}{4} (12.5^2 - 10^2) = 44.2 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = S - \frac{S}{4} = 44.2 - \frac{44.2}{4} = 33.15 \text{ mm}^2$$

$$p_2 = \frac{F_{\max}}{S_2} = \frac{450}{33.15} = 13.57 \text{ MPa}$$

$$k_2 = \frac{p_{\text{dov}}}{p_2} = \frac{70}{13.57} = 5$$



Obr. 5.7 Redukované napětí podle H-M-H

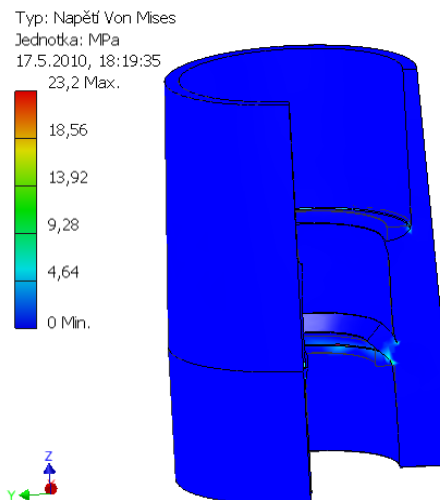
c) všechny tlak se rovnoměrně rozkládá na obě plochy

Nastal-li by případ, kdy by byly plochy naprosto přesně vyrobeny a lícovaly by, tlak by se rovnoměrně rozložil na dvě plochy. Takový případ se může stát i při delším užívání, kdy se díly vzájemně zdeformují. Pro MKP byly tlaky zadány v poměru 54% tlaku p_3 na horní plošku a 46% tlaku p_3 na dolní plošku, výsledek je patrný na obr. 5.8.

$$p_3 = \frac{F_{\max}}{S_1 + S_2} = \frac{450}{38.85 + 33.15} = 6.25 \text{ MPa}$$

$$k_3 = \frac{p_{\text{dov}}}{p_3} = \frac{70}{6.25} = 11$$

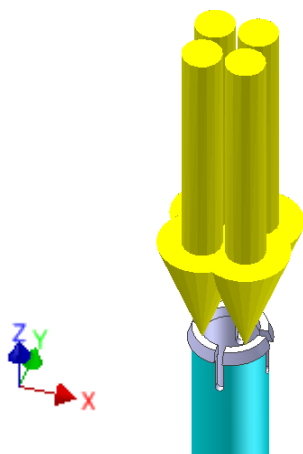
Ze srovnání výsledků analytických výpočtů a simulací pomocí MKP je patrná shoda v hodnotách dosahovaných napětí.



Obr. 5.8 Redukované napětí podle H-M-H

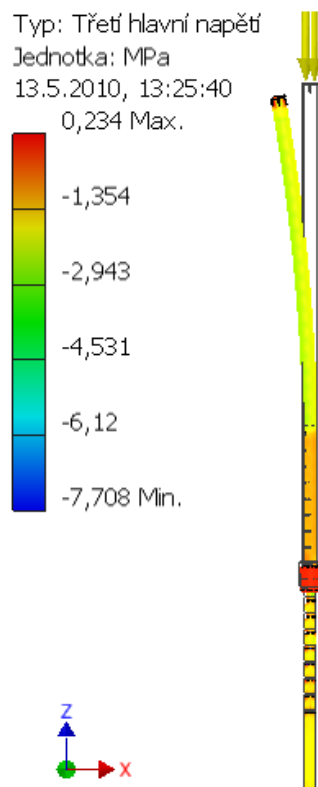
5.2 KONTROLA NA VZPĚŘ

S pomocí speciálního SW Autodesk Inventor rel. 2010 byla provedena simulace vzpěři. Před zatížením byly nadefinovány materiály, které svými vlastnostmi odpovídají materiálům navrženým ke konstrukci (dural, nerez, plast). Sestava byla svou spodní plochou ukotvena. Zatížení bylo zadáno na 450 N, tedy F_{\max} spočtené v předešlé podkapitole (obr. 5.9). Zkoumány byly výsledky napětí, redukované napětí podle hypotézy H-M-H a posun v mm. Ilustrace výsledků jsou na obrázcích 5.10, 5.11, 5.12.

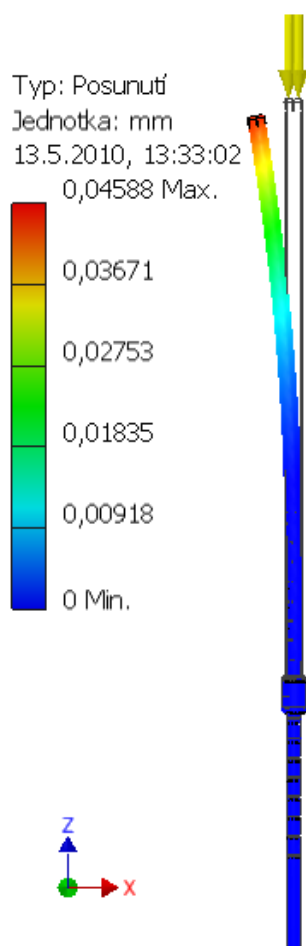


Obr. 5.9 Působení F_{\max} :

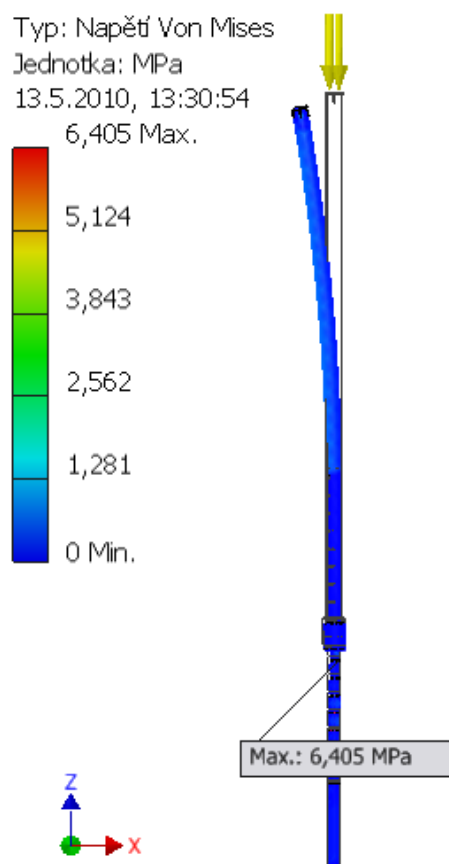
Síla o velikosti 450 N působí vertikálně (v ose z) a rozkládá se na čtyři plošky.



Obr. 5.10 Napětí při zatížení vzpěrem:
Z obrázku je patrná největší kumulace napětí
v oblasti nastavování výšky a v zářezech
vnitřní trubky.



Obr. 5.11 Deformace ~ posunutí:
Maximální deformace 0,05 mm na
horním konci vypovídají o správném
dimenzování nosných částí a o jejich
dostatečné tuhosti.



Obr. 5.12 Redukované napětí dle H-M-H

Z předchozích obrázků je patrné, že výsledky analytického výpočtu tlakového napětí jsou v souladu s výslednými hodnotami redukovaného napětí získané metodou konečných prvků.

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce je před samotným návrhem zaměřena na současný světový trh v oblasti kompenzačních lokomočních pomůcek, ty byly rozděleny podle různých hledisek a dále porovnávány podle vzhledu a účelnosti. Zkušenosti s uživateli a se samotnými FH byly zaznamenány v interview s rehabilitační sestrou. Ta navrhla, že by bylo vhodné zpevnit úchytka na nastavení výšky, tento problém se vyřešil lehce – ve způsobu nastavování výšky „úchytka“ není.

Návrhy probíhaly průběžně, naráz byly tvořeny skici, modelovalo se z různých tvárných materiálů a v programech Rhinoceros a Catia se získávaly vizualizace. Design se projevoval hlavně na plastové rukojeti, na toto téma vznikla spousta nápadů na papíře a v hmotě Clay. Ergonomie omezovala rozměry a tvary, navíc zasahovala i do mechanické části. Dalo by se říci, že ergonomie vše nejvýrazněji ovlivnila.

Finální řešení je od ostatních berlí odlišné především umístěním monobloku rukojeti (která vypadá, jako by byla napíchnutá na trubku) – tímto umístěním se zlepšuje silové rozložení a ovládání FH. Další odlišností je systém „antishock“, jehož základna je zalita přímo v rukojeti, a tlumí nárazy pomocí pružného elastomeru. Nastavování výšky je také neobvyklé a úkon nastavení lze provést ve třech krocích. Výrobek je navržen tak, aby byl rozebiratelný, a tak snáze recyklovatelný. Navíc opotřebované či jinak zničené součásti lze snadno nahradit.

Zadané i osobní cíle se podařilo splnit. Výpočty se týkaly osoby do 120 kg tělesné hmotnosti, model je vytvořen jak fyzický, tak jako 3D sestava v požadovaném softwaru. Tvar je inovativní, rehabilitační činnosti lze s touto FH provádět, na výsledný tvar byl napasován humanoid. Podle výpočtů nejvíce zatěžovaná součást vydrží vzniklé napětí, dokonce s větší bezpečností, než je potřeba. V přílohách se nachází dílenský výkres „polohového kroužku“, který zajišťuje vzájemnou polohu duralových trubek, a výkres sestavy celého výrobku. V sestavném výkresu je zakótována výšková stavitelnost berle, rozmezí minimální a maximální výšky odpovídá o ergonomičnosti návrhu – plní cíle – berle je vhodná pro nejpočetnější interval „nejmenší žena až nejvyšší muž“.

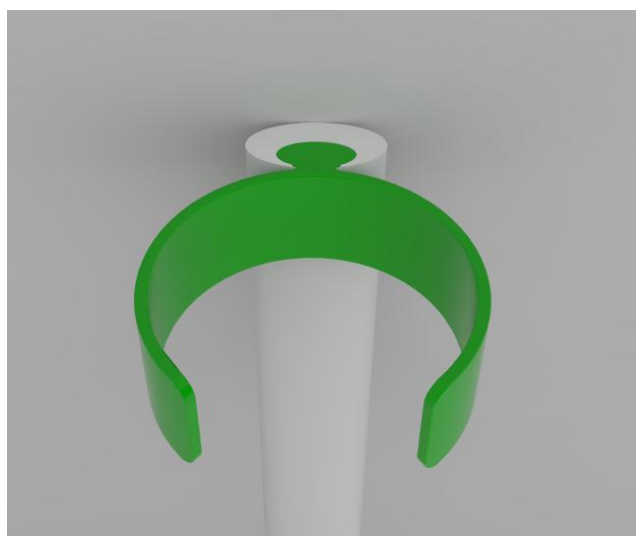
Konečné vizualizace jsou na obrázcích 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, kvalitnější obrázek je vytvořen pro závěrečný poster.



Obr. 6.1 Perspektivní pohled



Obr. 6.2 Detail nastavitelnosti



Obr. 6.3 Pohled shora – detail



Obr. 6.4 Odlišná barevná varianta – oranžová



Obr. 6.5 Odlišná barevná varianta – fialová

7 POUŽITÁ LITERATURA

- (1) Leinveber, J., Vávra, P.: *Strojnické tabulky – třetí doplněné vydání*. Albra Úvaly, 2006. ISBN 80-7361-033-7
- (2) Drastík, F.: *Technické kreslení podle mezinárodních norem*. Montanex, 1994. ISBN 80-85780-10-0
- (3) ČSN EN ISO 11334-1. *Pomůcky pro chůzi ovládané jednou rukou – Požadavky a zkušební metody – Část 1: Předloketní berle*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- (4) Král, M.: *Ergonomie a její využití v technické praxi*. VAVA, 1998.

POUŽITÉ INTERNETOVÉ ODKAZY

- (5) <http://www.medgear.org>
- (6) <http://www.erilens.cz>
- (7) <http://www.mobilitydirect.info>
- (8) <http://www.hurricaneutch.com>
- (9) <http://www.thedesignblog.org>
- (10) <https://www.megamedics.com>
- (11) <http://www.zdravotnicke-potreby.cz>
- (12) <http://www.audy.cz>
- (13) <http://www.zdravotnicke-prodejny.cz>
- (14) <http://www.osu.cz>
- (15) <http://www.ortika.cz>
- (16) <http://www.smartcrutch.com>
- (17) <http://images.businessweek.com>
- (18) <http://www.theindependencestore.co.uk>
- (19) <http://www.pfservice.cz>
- (20) <http://www.chemicke-listy.cz>
- (21) <http://www.psdgraphics.com>
- (22) <http://www.leki.com>
- (23) <http://www.theindependencestore.co.uk>
- (24) <http://www.lovethoseshoes.com>
- (25) <http://vyuka.fs.vsb.cz>

8 SEZNAM PŘÍLOH

- 1) výkres sestavy Francouzská hůl č.v. SB3-KSD01-00
- 2) dílenský výkres Polohový kroužek č.v. SB3-KSD01-01.06